

УДК 696.463.677:67.658.264

Е. С. Малкін, *докт. техн. наук, проф.*
І. Е. Фургат, *канд. техн. наук, доцент*
О. В. Приймак, *канд. техн. наук, доцент*
О. С. Твердохліб, *магістрант*

Київський національний університет
будівництва і архітектури
Київський національний університет “КПІ”

УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ВОДИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ПОЛЯХ. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ

Обробка води в електричному або магнітному полях здійснюється для її пом'якшення та очищення. Для інженерного вирішення даної проблеми слід застосовувати відповідні установки, параметри яких визначаються за наведеними нижче методиками розрахунку. Окремо представлені методика розрахунку установок для обробки води в полі сталого електричного струму та методика розрахунку установок для обробки води в полях природних магнітів.

1. Методика розрахунку установок для обробки води в полі сталого електричного струму базується на декількох основних положеннях, обґрунтованих на базі аналізу літературних джерел [1÷5] і результатів виконаних досліджень. Загальні рекомендації:

- для уникнення електролізу напруга між електродами, незалежно від відстані між ними, не може перевищувати 3 В;
- напруженість електричного поля між електродами не повинна перевищувати 600 В/м;
- матеріали для електродів доцільно використовувати:
 - при застосуванні електрофоретичного методу пом'якшення і очищення води – нержавіюча сталь 12Х18Н10Т з покриттям з обох боків тканиною з термооброблених вуглецевих волокон;
 - при застосуванні електрокоагуляційного методу пом'якшення і очищення води – анод – нержавіюча сталь 12Х18Н10Т з по-

- криттям з обох боків тканиною з термооброблених вуглецевих волокон, катод – нержавіюча сталь 12X18H10T;
- відстань між електродами $5 \div 7$ мм;
- час обробки води в полі $45 \div 55$ с;
- швидкість течії води в зазорах установки $0,01 \div 0,03$ м/с.

Виходячи з згаданих вище положень алгоритм розрахунку установок для електрофоретичного очищення і пом'якшення води виглядає наступним чином:

1. Визначити годинну L , м³/год та секундну витрати води L_c :

$$L_c = \frac{L}{3600}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Задати висоту установки H , м.
3. Задати величину зазору між електродами, мм.
4. За формулою Смолуховського визначити швидкість електрофоретичного переносу

$$w_{ef} = \frac{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \xi}{\eta} E,$$

де ε_0 – діелектрична стала системи, в системі СІ $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-11}$ Ф/м;

ε – відносна електрична проникність рідинної фази;

ξ – електричний потенціал частинки, що переноситься, В;

η – динамічна в'язкість рідинної фази, Н · с/м²;

E – напруженість поля сталого електричного струму, В/м.

Нижче наведена характеристика води для різних температур.

Температура, °С	Коефіцієнт динамічної в'язкості, $\eta \cdot 10^3$, Н·с/м ²	Відносна діелектрична проникність
20	1,02	80,10
40	0,67	73,15
60	0,48	66,81
80	0,36	61,03
100	0,29	55,72

Напруженість електричного поля, В / м

$$E = \frac{U}{l}.$$

5. Визначити час, необхідний для проходження частинки від одного електрода до іншого, с

$$\tau = \frac{l}{w_{\text{эф}}}.$$

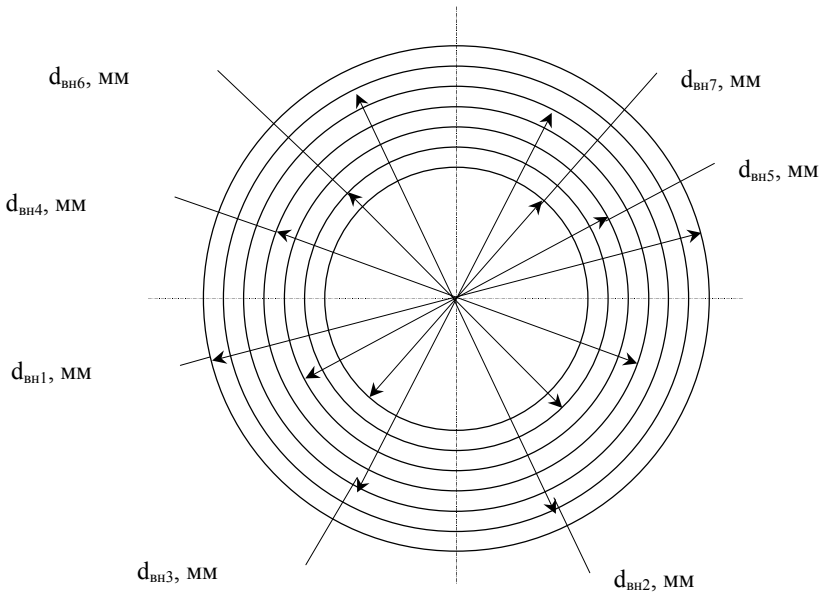
6. Знаючи висоту установки H , м та час обробки τ , с, знайти швидкість руху води по вільному перерізу установки, м / с

$$\bar{w} = \frac{H}{\tau}.$$

7. Прийняти модульну конструкцію установок для обробки води. Площа живого перерізу для проходу води в модулі становить, м²

$$f = \frac{L_c}{w}.$$

8. Прийняти конструкцію установки з набору 7 коаксіальних циліндрів – труб та зазор між сусідніми трубами δ і діаметром зовнішньої труби.



Площа живого перерізу такої конструкції, м²

$$f_k = \frac{\frac{d_{вн1} + d_{вн2}}{2} + \frac{d_{вн6} + d_{вн7}}{2}}{2} \cdot \pi \cdot \delta \cdot 6,$$

$$\text{де } \delta = \frac{d_{i+1} - d_i}{2}.$$

Після коригування діаметрів труб $d_k = d \frac{f}{f_k}$ і визначається діаметр зовнішньої труби, мм. Відповідно змінюються діаметри всіх труб.

9. З результатів експериментальних досліджень відомо, що середня сила струму, який проходить через воду між електродами площею 1 см^2 при різниці потенціалів 3 В і відстані між електродами 5 мм , становить $I = 0,36 \text{ мА/см}^2$. Тоді сила електричного струму, що проходить через електроди кожної фази, буде

$$I_\phi = I \cdot \frac{l_{\text{експ}}}{l_\phi} \cdot \pi \cdot (d_{\text{анода}_{\text{зовн}}} + d_{\text{анода}_{\text{вн}}}) \cdot H.$$

10. Знаходимо потужність електричного струму для модуля

$$N_\phi = I_\phi \cdot U.$$

11. Відповідно до напруги, потужності та сили постійного струму підбирається регулюючий трьохфазний трансформатор та випрямляч.

12. Установки більшої потужності створюються шляхом набору окремих модулів.

13. Оскільки швидкість руху води мала, то гідравлічний опір установки не перевищує 75 Па .

2. Методика розрахунку установок для обробки води в полях природних магнітів. Оскільки до даного часу відсутнє чітке теоретичне обґрунтування механізму впливу магнітних полів на воду і водні розчинники [6÷13], методика розрахунку установок для обробки води в полях природних магнітів базується на результатах експериментальних досліджень, отриманих у ході виконання магістерської роботи (дослідження, метою яких було підтвердження стабільності результатів впливу полів природних магнітів на воду), а також отриманих різними авторами. З відомих конструкцій апаратів: з розташуванням магнітів всередині комірки з безпосереднім контактом їх з водою та з магнітами, що накладаються зверху на діамагнітні труби, тобто без безпосереднього ко-

нтакту з водою, – ми зупинились на установках, що зображені на рис. 1 та рис. 2 з накладними парами магнітів та діаметрами труб 30–50 мм.

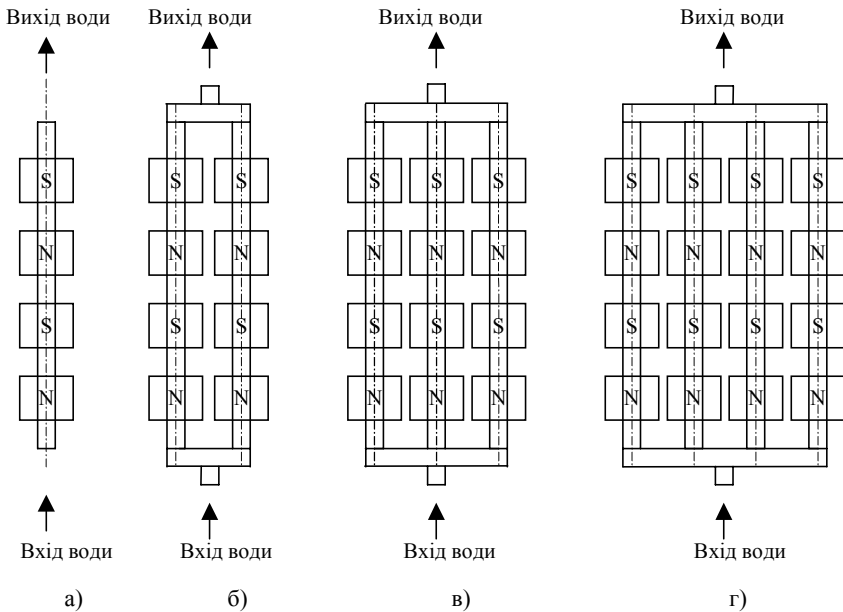


Рис. 1. Принципові схеми модульних установок для обробки води в полях природних магнітів

- а) одномодульна (потужність $1,27 \div 6,35 \text{ м}^3$ води/год); б) двохмодульна (потужність $2,54 \div 12,70 \text{ м}^3$ води/год); в) трьохмодульна (потужність $3,81 \div 19,05 \text{ м}^3$ води/год); г) чотирьохмодульна (потужність $5,08 \div 25,40 \text{ м}^3$ води/год).

Результати досліджень засвідчують такі основні положення:

- 1) магнітна індукція в робочому зазорі між магнітами в парі повинна бути в межах $50 \div 200 \text{ мТл}$;
- 2) величина робочого зазору між магнітами – $7 \div 15 \text{ мм}$;
- 3) відстань між парами магнітів – $7 \div 18 \text{ мм}$;
- 4) довжина магнітів – $50 \div 70 \text{ мм}$;
- 5) швидкість руху води в апараті – $0,5 \div 2,5 \text{ м/с}$;
- 6) термін збереження омагніченою водою своїх властивостей – $18 \div 24$ години;
- 7) час обробки – $0,08 \div 0,4 \text{ с}$.

Виходячи з зазначених положень наведемо алгоритм розрахунку установок для обробки води в полях природних магнітів

1. Знайти площу перерізу труби з d , мм

$$f = \frac{\pi d^2}{4}.$$

2. За величиною максимально допустимої швидкості руху води в трубі $w_{\max} = 2,5$ м/с, знайти максимальну потужність установки з однієї труби, прийнятої за модуль, м³/год.

$$L_{\max} = w_{\max} \cdot f.$$

3. Аналогічно, маючи $w_{\min} = 0,5$ м/с,

$$L_{\min} = w_{\min} \cdot f.$$

4. Відповідно потужність установки з n модулів (труб)

$$L = n \cdot L_{\text{мод.}}$$

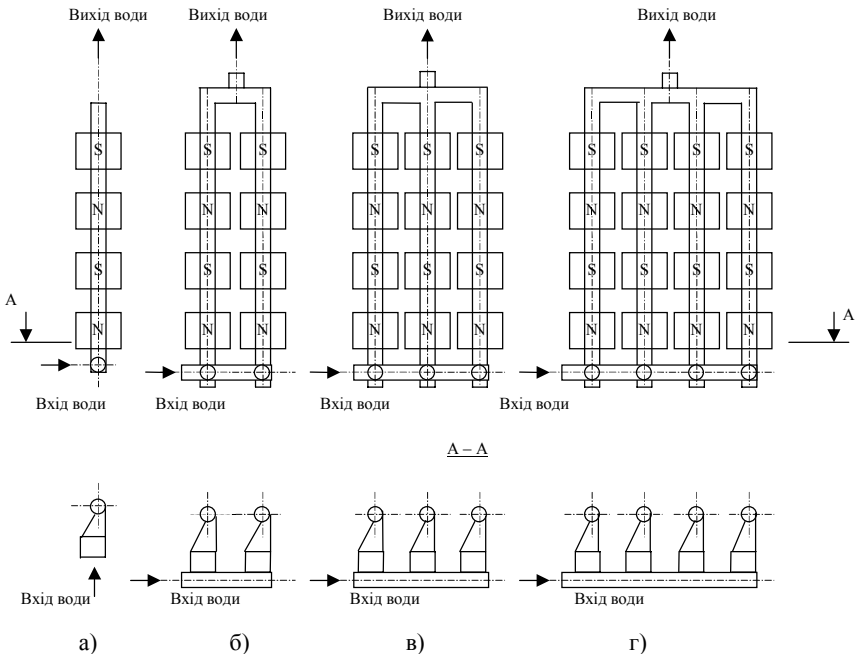


Рис. 2. Принципові схеми модульних установок з тангенціальним введенням води для її обробки в полях природних магнітів

а) одномодульна (потужність $1,27 \div 6,35$ м³ води/год); б) двохмодульна (потужність $2,54 \div 12,70$ м³ води/год); в) трьохмодульна (потужність $3,81 \div 19,05$ м³ води/год); г) чотирьохмодульна (потужність $5,08 \div 25,40$ м³ води/год).

Висновки

Розроблені методики дозволяють провести розрахунок установок для обробки води в полях сталого електричного струму і полях природних магнітів. Ці установки успішно впроваджені у виробництво.

Список літератури

1. *Луцьк Р.В., Малкин Э.С., Абаржи И.И.* Тепломассообмен при обработке текстильных материалов. – К.: Наукова думка. – 1993. – 344 с.
2. *Малкин Э.С., Духин А.С.* Безинерционный электрофоретический и диффузионный дрейф частицы в неоднородном переменном электрическом поле// Коллоидный журн. – 1979. – № 5. – С. 864.
3. *Малкин Э.С., Духин А.С.* О формировании осадка коллоидных частиц на электроде в переменном электрическом поле// Коллоидный журн. – 1980. – № 3. – С. 481.
4. *Малкин Э.С., Духин А.С.* Аперiodический электродиффузиофорез// Коллоидный журн. – 1982. – № 2. – С. 25.
5. *Тебекихин Е.Р.* Безреактивные методы обработки воды в энергоустановках. – М. – 1963. – 176 с.
6. *Классен В.И.* Омагничивание водных систем. – М.: Легпромбытиздат. – 1982.
7. *Алиев М.И., Агалеров Д.М.* Магнитная обработка водных систем. – М. – 1981. – с. 85–87.
8. *Миненко В.И.* Магнитная обработка водно-дисперсных систем. – К.: Техника. – 1970.
9. *Миненко В.И.* Электромагнитная обработка воды в теплоэнергетике. – Харьков. – 1981.
10. *Мартынова О.И.* и др. К вопросу о механизме влияния магнитного поля на водные растворы и возможность использования этого эффекта. – В сб. Труды НИИ бетона. – М. – 1974. – с. 126–137.
11. *Миненко В.И., Петров С.М.* О физико-химических основах магнитной обработки воды. – Теплоэнергетика. – 1962. – № 9. – С. 63.
12. *Кацман А.Е.* Применение электромагнитной обработки воды. – т. II. – 1984. – № 8.
13. *Стукалов П.С., Васильев Е.В., Глебов Н.А.* Магнитная обработка воды. – Л.: Судостроение. – 1969. – 192 с.